

极光相关性质研究

11912516 刘润逸

这篇报告的主要目的是阐明极光 (aurora) 强度 (此次小卫星项目对极光的绿光波段 O(¹S)557.7nm 进行捕捉) 与小卫星所搭载的相机 (CCD) 镜头能接收到的光子数的关系。

下面是关于三个物理量的基本定义。

illumination E 的定义是单位面积通过的光通量 (lm/m^2)

Luminance L 的定义是单位立体角单位投影面积上的辐射强度 ($\text{W}/(\text{sr} \cdot \text{m}^2)$)

luminous intensity I 的单位立体角上的辐射强度 (W/sr)

因为极光强度 I (luminous intensity, 单位为 Rayleigh) 常常使用 illumination E[lx]和 luminance L[cd/m²]来表示, 倘若极光强度使用 illumination E[lx] 或 luminance L[cd/m²]来表示, 那么需要先把 E 和 L 转化成以 Rayleigh 表示的极光强度 I。极光强度 I 与 illumination E[lx]和 luminance L[cd/m²]的关系如下。其中, $E = 4\pi L$

$$E(I(R)) = 170.75v(\lambda)e(\lambda)10^{10}A\frac{\eta\tau hc}{\pi\lambda} * I[lx]$$

$$L(I(R)) = \frac{170.75v(\lambda)e(\lambda)10^{10}AhcI\eta\tau}{4\pi^2\lambda} [\frac{cd}{m^2}]$$

其中 *vision function* $v(\lambda) \approx 1$, *distribution function* $e(\lambda) = 1$,

相机棱镜面积为A, 探测器件的量子效率 $\eta = 0.5$, 光学系统的透过率 $\tau = 0.33$,

光的波长 $\lambda = 557.7\text{nm}$, 普朗克常数为 $h = 6.62607015 \times 10^{-34}\text{J} \cdot \text{s}$, 光速为 $c =$

299792458m/s

而极光强度 I (未知) 的计算需要通过已知的 VER (volume emission rate) V(r)来计算。极光强度 I 与 V(r)的关系如下。

$$I = 10^{-10} \int_0^{\infty} V(r) dr$$

而在本次项目中可以直接用 $\varepsilon(z)$ 来表示 VER，其中 z 的单位为 km。

$$\begin{aligned} \xi(z) = & 207.1048 \exp\left[1 - \frac{z - 176.5597}{30.2096} - \exp\left(-\frac{z - 176.5597}{30.2096}\right)\right] \\ & + 427.9441 \exp\left[1 - \frac{z - 99.278}{8} - \exp\left(-\frac{z - 99.278}{8}\right)\right] \end{aligned}$$

$$I = \int_0^z \xi(z) dz$$

经过计算得到 $I = 2.6312875 \times 10^4$ Rayleigh

再根据极光强度 I (in Rayleigh) 的单位转化

$$1 [\text{Rayleigh}] \equiv 1 [\text{R}] \triangleq \frac{10^{10}}{4\pi} \left[\frac{\text{photons}}{\text{s m}^2 \text{sr}} \right]$$

可知单位时间（每秒）单位面积（每平方米）打到相机棱镜的光子数为 $2.09391208 \times 10^{13}$ ，再考虑到光学系统的透过率 $\tau=0.33$ 和探测器件的量子效率 $\eta=0.5$ （前面的结果再乘上 τ 和 η ），最终单位时间（每秒）单位面积（每平方米）传到探测器（detector）的光子数为 $3.45495493 \times 10^{12}$ 。